

M. Cauvet fait la communication suivante :

NOTE SUR LE DÉGAGEMENT DE L'ACIDE CARBONIQUE PAR LES RACINES  
DES PLANTES, par M. CAUVET.

Pendant mon séjour à Lyon, j'ai essayé de déterminer si les racines des plantes exhalent réellement de l'acide carbonique. Les recherches dans ce but ont été commencées dans le laboratoire de la Faculté mixte de médecine et de Pharmacie de Lyon, et continuées à Paris dans le laboratoire de la Pharmacie centrale des hôpitaux militaires.

Lorsque je les entrepris, je ne connaissais pas les travaux publiés par MM. Corenwinder (1), Barthélemy (2), Dehérain et Vesque (3), Mercadante et Colosi (4), Macchiati (5).

Ces travaux, surtout le premier et le troisième, mériteraient d'être discutés, et je le ferais ici volontiers, si je ne craignais de dépasser les limites imposées aux communications insérées dans le *Bulletin*. Je me contenterai donc de dire en quoi ces travaux me semblent insuffisants.

Autant que j'en ai pu juger par ce qu'en disent MM. Dehérain et Vesque, M. Barthélemy se borne à constater la transformation de carbonates neutres en bicarbonates, sous l'influence de l'acide carbonique émis par les racines.

M. Corenwinder, MM. Dehérain et Vesque ont montré que les racines émettent réellement de l'acide carbonique; ce dont ils se sont assurés en analysant, par la méthode des volumes, l'atmosphère des racines avant et après l'expérience. Ils n'ont pas cherché à savoir à quelle époque s'effectue le dégagement; ils n'ont pas déterminé si ce dégagement est continu ou intermittent, s'il est plus considérable à une heure de la journée qu'à une autre. D'autre part, la méthode volumétrique n'est pas toujours d'une précision absolue, et, lorsqu'elle s'applique au dosage des gaz, elle comporte d'assez nombreuses causes d'erreur, que peuvent seuls amoindrir : 1° l'emploi d'appareils à fermeture hermétique; 2° une habileté de mains et une attention que tous les opérateurs ne possèdent pas.

(1) Corenwinder, *Études sur les fonctions des racines des végétaux* (Mémoires de la Soc. impér. des sciences, etc., de Lille, 1867, 3<sup>e</sup> série, t. IV).

(2) Barthélemy, *Absorption des bicarbonates* (Revue des sciences nat., Montpellier, t. V, juin 1876), cité par MM. Dehérain et Vesque.

(3) Dehérain et Vesque, *Recherches sur la respiration des racines* (Annales agronomiques, 1876, t. II, n° 4).

(4) Mercadante et Colosi, *Sulla supposta emissione dell' acido carbonico per mezzo delle radici* (Gazzetta chimica italiana, 1875).

(5) Macchiati, *Esperienze sulla emissione dell' acido carbonico dalle radici* (Nuovo Giornale botanico italiano, juillet 1879).

M. Dehérain est certes un chimiste d'une incontestable valeur ; mais l'appareil dont il s'est servi, la méthode dont il a fait usage, ne lui ont donné que des résultats parfois douteux. Pour n'en citer qu'un exemple et nous borner au sujet qui nous occupe, voici les résultats qu'il a obtenus en dosant l'acide carbonique trouvé dans l'atmosphère des racines. Les chiffres ci-dessous ne sont pas ceux qui sont inscrits dans le mémoire de MM. Dehérain et Vesque. Je les ai obtenus en ramenant par le calcul, à un même volume de gaz prélevé, les quantités trouvées dans les divers dosages, et réduisant chacun de ces résultats à une durée de vingt-quatre heures :

A.....	0,0000	E.....	7,2355
B.....	0,0000	F.....	2,1099
C.....	0,8575	G.....	1,6059
D.....	2,0000	H.....	3,6660

L'examen comparatif des nombres ci-dessus montre que, dans des conditions à peu près égales de pression, de température et de temps, le volume de gaz analysé étant le même, la proportion de l'acide carbonique dégagé, ou mieux *trouvé*, fut extrêmement variable.

Ces résultats ne peuvent guère être attribués qu'à la défectuosité de l'appareil employé, car l'habileté et la science de l'opérateur ne sauraient être mises en doute.

Les expériences de MM. Dehérain et Vesque ne sont donc pas assez rigoureuses. Elles ne nous éclairent pas, d'ailleurs, sur le sujet qui me préoccupe, et voilà pourquoi je me suis décidé à faire connaître les miennes.

Quant aux recherches dues aux savants italiens, le titre seul de leur mémoire montre qu'elles ont fourni des résultats opposés. J'ajoute qu'elles ne nous enseignent pas grand'chose. On savait déjà que les racines émettent un acide réagissant sur la teinture de tournesol, mais on ignorait la nature de cet acide. Les auteurs italiens ne s'en sont pas préoccupés, et c'est par un *à priori* qu'ils le supposent être de l'acide carbonique.

Des considérations qu'il serait trop long d'énumérer m'avaient porté à croire que les expériences de M. J. Sachs sur l'excrétion de l'acide carbonique par les racines ne sont pas à l'abri de toute critique. Je pensai donc qu'il serait possible de les vérifier, en opérant avec des plantes venues dans l'eau et dont les racines seraient placées au contact de plaques de marbre.

Je fis confectionner deux disques de marbre d'un diamètre à peu près égal à celui du vase cylindrique de verre dans lequel je voulais faire végéter les plantes. L'une de ces plaques fut mise au fond du vase ; l'autre fut divisée en deux parties par une section diamétrale, et, à la face infé-

rieure de chacune de ces demi-plaques, on fixa trois petites colonnes de verre d'environ 5 centimètres de longueur.

Avant de diviser la seconde plaque, on avait eu le soin de la percer, en son milieu, d'un trou circulaire, de sorte que chacune des deux portions portait une échancrure médiane exactement correspondante à l'échancrure de l'autre, et que, lorsqu'on les juxtaposait, le trou central primitif se trouvait rétabli.

Cette disposition permettait à l'extrémité du pivot d'atteindre la plaque inférieure, tout en maintenant sur le disque supérieur les radicelles issues du voisinage du collet. Il suffisait pour cela de mettre d'abord dans le vase l'une des demi-plaques, de faire pénétrer le pivot dans son échancrure, et, après avoir soulevé avec précaution les radicelles supérieures, de glisser au-dessous la seconde demi-plaque. Celle-ci se juxtaposait exactement à la première et constituait avec elle un plancher qui divisait la capacité du vase en deux chambres. On ajoutait alors assez d'eau pour baigner les racines, et l'on fixait la plante en introduisant sa tige dans les échancrures d'un bouchon qui fermait le vase.

Cette expérience, plusieurs fois renouvelée, ne donna que des résultats incertains. L'eau fut rapidement envahie par des Algues microscopiques, auxquelles on pouvait attribuer, du moins en partie, les traces d'usure et les rugosités observées sur les disques de marbre. Je dois ajouter cependant que ces disques offraient un certain nombre de lignes sinueuses assez longues et assez bien définies pour qu'il fût possible d'en attribuer l'origine à l'action corrosive des racines.

L'insuccès, plus apparent que réel, de cette expérience vient sans doute de ce que je ne me mis pas assez à l'abri de toute cause d'erreur. Elle devra être recommencée.

Les racines seront alors plongées dans de l'eau distillée préalablement bouillie; l'appareil sera clos hermétiquement, placé à l'abri de la lumière, et on le fera traverser par un courant d'air filtré. Les germes existant dans l'eau seront ainsi détruits, et l'on empêchera l'arrivée de ceux qui sont toujours et presque partout en suspension dans l'air.

Diverses causes m'ayant empêché de continuer ces recherches, je ne pus les reprendre que longtemps après. Il me parut alors plus simple de déterminer directement si les racines excrètent, en réalité, de l'acide carbonique. Ceci était facile: il suffisait de faire traverser par un courant d'air privé d'acide carbonique l'eau qui baignait les racines, et de laver ensuite cet air dans une solution capable d'arrêter l'acide carbonique excrété.

Le soluté de chlorure de baryum ammoniacal employé à cet effet fut rapidement troublé et fournit un précipité de carbonate de baryte.

Ce premier résultat me conduisit à une recherche nouvelle: *Voir si les*

*racines dégagent de l'acide carbonique à toute époque, et déterminer la proportion relative de ce gaz aux diverses périodes de la journée.*

Je mis les racines d'une Fève dans un flacon à moitié rempli d'eau distillée bouillie et pourvu d'un bouchon percé de trois ouvertures : *une* pour le passage de la plante, *une* pour l'arrivée de l'air, *une* pour son départ.

Le tube afférent pénétrait jusqu'au fond du flacon ; il était en continuité avec deux tubes en U contenant, l'un de la chaux, l'autre de la potasse caustique, et avec un tube à boules à demi rempli d'une solution de potasse.

Le tube efférent était mis en rapport, à l'aide d'un assemblage de trois tubes en T, avec quatre séries de tubes de Will et Warrentrapp, à moitié pleins d'une solution de chlorure de baryum ammoniacal. L'extrémité postérieure de chacune de ces séries communiquait avec un flacon aspirateur, au moyen d'un nouvel assemblage de tubes en T. Enfin, on plaça une pince de Mohr en avant et en arrière de chaque série de tubes de Will et Warrentrapp, ce qui devait permettre de faire passer le courant gazeux par l'une quelconque de ces séries et de l'intercepter chez les autres. Il suffisait pour cela de comprimer avec la pince les tubes adducteurs et abducteurs de caoutchouc, qui mettaient chaque série en relation avec le reste de l'appareil.

Les choses étant ainsi disposées, voici ce qui arrivait pendant toute la durée du fonctionnement de l'aspirateur :

L'air atmosphérique pénétrait successivement dans les tubes en U, où il perdait la majeure partie de l'acide carbonique, achevait de se purifier en barbotant dans la solution potassique du tube à boules, traversait le liquide d'un flacon laveur, et se rendait enfin dans l'eau qui baignait les racines,

Il se chargeait alors de l'acide carbonique excrété par ces dernières, et venait le déposer dans la solution de chlorure de baryum ammoniacal contenue dans les tubes de Will.

Je voulais, on se le rappelle, doser l'acide carbonique dégagé pendant les diverses périodes de la journée. Je partageai donc celle-ci comme suit :

- 1° De 6 heures du soir à 6 heures du matin ;
- 2° De 6 heures du matin à 10 heures du matin ;
- 3° De 10 heures du matin à 2 heures du soir ;
- 4° De 2 heures du soir à 6 heures du soir.

Comme la durée de l'écoulement de l'aspirateur était inférieure à 12 heures, j'eus la précaution, chaque matin, de faire marcher l'appareil pendant une demi-heure au moins (de 5 h. 1/2 à 6 h.), afin d'enlever à l'atmosphère des racines l'acide carbonique dégagé depuis le moment où l'aspirateur avait cessé de fonctionner.

L'expérience commença le 26 juillet, à 2 heures, et fut arrêtée le 30 à la même heure. Elle dura donc quatre jours.

Voici les résultats obtenus :

1° De 6 heures du soir à 6 h. du matin.... ..	Acide carb.	0,019
2° De 6 heures du matin à 10 heures.....	—	0,026
3° De 10 heures du matin à 2 h. du soir.....	—	0,028
4° De 2 heures du soir à 6 heures.....	—	0,024

Ces résultats donnent lieu aux remarques suivantes.

1° L'acide carbonique s'est dégagé en moindre quantité pendant la durée de la nuit que pendant l'une quelconque des périodes de la journée.

2° Si l'on prend la période nocturne comme point de départ, on voit l'émission du gaz augmenter dans la période matinale, s'accroître encore dans le milieu du jour, et diminuer ensuite le soir d'une quantité à peu près égale à la moitié de la différence qui existe entre la quantité émise la nuit et la quantité émise dans la période moyenne de la journée.

3° Le poids de l'acide carbonique dégagé pendant la nuit est quatre fois moindre que la totalité de celui qui se dégage pendant les trois périodes du jour.

Ces différences peuvent être attribuées à deux causes :

1° J'avais négligé de placer la racine à l'obscurité, et elle avait respiré sous l'influence de la lumière, comme respirent tous les organes privés de chlorophylle.

2° Les fonctions des plantes s'exécutent avec une intensité beaucoup moindre la nuit que le jour, ce qu'ont démontré, il y a longtemps, M. Miquel pour la transpiration et M. Corenwinder pour la respiration.

Cette expérience fut interrompue par mon départ de Lyon et ne put être reprise que vers la fin du mois d'octobre. Je remontai mon appareil, et, dans l'espoir de répéter les observations précédentes, je le composai aussi de quatre séries de tubes de Will.

Mais à cette époque les journées furent si sombres et les brouillards si persistants, que je dus renoncer à la division de la journée en quatre périodes. Tout ce que je pus faire, ce fut de doser l'acide carbonique exhalé pendant la nuit d'une part, et pendant le jour d'autre part. A cette époque également, les nuits étaient plus longues ; il faisait presque nuit à cinq heures du soir, et à peine jour à sept heures du matin.

La plante employée fut une Balsamine que j'avais mise dans l'eau, et dont les racines primitives avaient été remplacées par un nouveau chevelu formé d'un très grand nombre de radicules magnifiques.

L'expérience dura huit jours. Voici les résultats obtenus :

Acide carbonique dégagé....	{	la nuit.....	32 <sup>cc</sup> ,3 ou 0,063726
		le jour.....	29 <sup>cc</sup> , ou 0,057018

L'examen de ces résultats semble montrer que, contrairement à la précédente expérience, le dégagement d'acide carbonique a été plus faible le jour que la nuit.

Il n'en est rien cependant. En effet, la durée de la période de nuit a dépassé de quatre heures celle de la période de jour, et, si l'on réduit à une heure les résultats obtenus, on trouve que :

La racine a dégagé en une heure...	{	de nuit.....	0,0045518
		de jour.....	0,0057018

Ainsi, l'influence de la lumière a augmenté le dégagement diurne. Mais ce résultat est loin de correspondre à celui que l'on a obtenu la première fois, où l'émission faite le jour fut quatre fois plus considérable que celle de la nuit.

A quoi doit être attribuée cette diminution ?

Exclusivement, sans doute, à la différence des deux époques où furent faites les deux expériences. Dans la première, la température était élevée, la lumière vive, la végétation dans toute sa vigueur. Dans la deuxième, la température était déjà basse, la lumière faible, la végétation languissante.

Puis-je tirer de mes recherches une conclusion quelconque ? Non certes, si l'on se place au point de vue strict des conditions normales de la vie des plantes.

Elles montrent que, mises dans les mêmes conditions que les organes colorés, les racines exposées à l'influence directe de la lumière se comportent de la même façon.

Elles montrent que pendant la nuit les racines dégagent de l'acide carbonique. Elles ne prouvent pas que, pendant le jour, le dégagement serait égal ou supérieur à celui qui est effectué la nuit, si les racines étaient mises à l'abri de la lumière.

C'est dans ces conditions que je me placerai, dès que le retour de la végétation me permettra de reprendre cette étude.

Ce premier point une fois fixé, il conviendra de chercher à résoudre les questions suivantes :

1° L'acide carbonique dégagé par les racines est-il un simple résidu des modifications chimico-vitales que subissent les principes immédiats, une sorte de *caput-mortuum* que les plantes rejettent ? A-t-il, en un mot, une origine analogue à celle du même acide expiré par les animaux ?

2° Cet acide carbonique est-il au contraire indispensable à la vie des plantes ? Est-il destiné à faciliter la dissolution des principes alibiles insolubles contenus dans le sol ?

La deuxième question devra être résolue avant tout, la première étant démontrée *ipso facto* si la seconde donne des résultats négatifs.

Pour cela, on incinérera un poids déterminé de graines afin de doser dans les cendres obtenues la proportion des phosphates et de la chaux.

Puis on pèsera un certain nombre de graines et on les fera germer dans de l'eau distillée.

Quand les jeunes plantes auront acquis un certain développement, on les fera végéter dans de l'eau distillée bouillie, contenant du phosphate et du carbonate de chaux récemment précipités.

Après un certain temps, on dosera les sels de chaux restés dans l'eau, ainsi que la chaux existant dans les plantes.

Comme on n'aura donné aux racines que de l'air privé d'acide carbonique, si l'on trouve dans les plantes une quantité de chaux supérieure à celle qui existait dans les graines, il est évident qu'on devra rapporter l'absorption des sels de chaux à la seule influence de l'acide carbonique dégagé par les racines (1).

C'est alors, mais alors seulement, que des conclusions un peu sérieuses pourront être posées.

M. Malinvaud, secrétaire, donne lecture du passage suivant d'une lettre adressée par M. Godron à M. le Président de la Société :

#### EXTRAIT D'UNE LETTRE DE M. GODRON.

..... Je crois avoir oublié d'adresser à la Société botanique de France la petite note, imprimée depuis deux ans, qui vous arrivera en même temps que cette lettre. Elle a pour objet l'arrivée à Nancy de l'*Helodea canadensis*, découvert dans le canal de la Marne au Rhin par M. Lemonnier. Il y est très répandu déjà et n'y fleurit jamais.

On le retrouve dans la Meurthe.

M. Bleicher, professeur à notre École supérieure de pharmacie, l'a rencontré fleuri à Champigneulle, près de Nancy, dans une cavité qui reçoit de la Meurthe, par infiltration, une couche d'eau profonde de 5 à 10 centimètres.

Il est très abondant dans le canal de l'Est, près de Stenay, d'où M. Jules Cadot me l'a adressé. J'ai reçu aussi de lui la plante en fleur; c'est la fleur femelle, et je crois qu'on n'a jusqu'ici trouvé que ce sexe en Europe. Cette plante aventureuse aurait donc laissé son mâle en Amérique.

C'est un véritable fléau pour nos cours d'eau.

(1) Cette expérience est en cours d'exécution.